

Universidad de Alicante

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ROBOTS TREPADORES



Autores:
David Carbonell
Pablo Coloma
2022

Índice

1. Introducción	2
2. Marco teórico	2
2.1. Definición	2
2.1.1. Conceptos clave	2
2.2. Historia y evolución	3
2.3. Desafíos técnicos	4
3. Diseño y desarrollo	5
3.1. Robots Con Extremidades	5
3.2. Robots Paralelos	6
3.3. Robots Con Propulsores	7
4. Resultados	8
5. Conclusiones y trabajo futuro	10
6. Bibliografía	10

1. Introducción

La robótica ha avanzado significativamente en las últimas décadas, permitiendo la creación de robots capaces de realizar tareas cada vez más complejas en diversos entornos. Los robots trepadores son una de las últimas innovaciones en este campo, ya que permiten a los robots desplazarse y realizar tareas en superficies verticales o inclinadas, como edificios o árboles.

Estos robots presentan un gran potencial para diversas aplicaciones, como la realización de tareas de mantenimiento en estructuras altas, la exploración de entornos inaccesibles para los seres humanos y el monitoreo de ecosistemas. Además, gracias a su capacidad para trepar, los robots trepadores pueden superar obstáculos que serían imposibles de superar para otros robots, lo que los hace especialmente útiles en situaciones de emergencia.

En este trabajo, se presenta un estudio sobre los robots trepadores, incluyendo su diseño y desarrollo, así como sus aplicaciones y desafíos técnicos. Se busca proporcionar una visión general de esta tecnología emergente y examinar su potencial en el futuro.

2. Marco teórico

2.1. Definición

Un robot trepador es un robot diseñado para desplazarse y realizar tareas en superficies verticales o inclinadas, como edificios, árboles o muros. Estos robots utilizan diferentes tipos de garras, ventosas o adhesivos para aferrarse a la superficie y pueden ser controlados de manera autónoma o remota. Los robots trepadores presentan un gran potencial para diversas aplicaciones, como la realización de tareas de mantenimiento en estructuras altas, la exploración de entornos inaccesibles para los seres humanos y el monitoreo de ecosistemas. Gracias a su capacidad para trepar, estos robots pueden superar obstáculos que serían imposibles de superar para otros robots, lo que los hace especialmente útiles en situaciones de emergencia.

2.1.1. Conceptos clave

- **Garras:** son dispositivos utilizados por los robots trepadores para aferrarse a la superficie y permitir su movilidad. Las garras pueden ser de

diferentes tipos, como garras mecánicas o electromecánicas, y pueden estar diseñadas para adaptarse a diferentes tipos de superficies.

- **Ventosas:** son dispositivos que utilizan el principio de la succión para aferrarse a la superficie. Las ventosas pueden ser una opción para robots trepadores que deben desplazarse por superficies lisas o que no presentan suficientes asperezas para permitir el agarre de garras.
- **Adhesivos:** se refiere a cualquier sustancia o dispositivo utilizado por los robots trepadores para aferrarse a la superficie. Los adhesivos pueden ser químicos o mecánicos y pueden utilizar diferentes principios, como la capilaridad, la viscosidad o la fricción.
- **Motores:** son dispositivos utilizados por los robots trepadores para generar movimiento y accionar las diferentes partes del robot. Los motores pueden ser eléctricos o neumáticos y pueden estar diseñados para diferentes aplicaciones y requisitos de potencia.
- **Sensores:** son dispositivos utilizados para recoger información del entorno y permitir la toma de decisiones. Los sensores pueden ser de diferentes tipos, como sensores de distancia, sensores de fuerza o sensores de temperatura, y pueden ser utilizados para detectar obstáculos, medir el agarre o evaluar el estado de la superficie.
- **Sistemas de control:** son los encargados de coordinar y controlar el funcionamiento del robot trepador. Los sistemas de control pueden ser autónomos o remotos y pueden utilizar diferentes algoritmos y técnicas de control para permitir el movimiento y la toma de decisiones del robot.

2.2. Historia y evolución

Hasta éste punto se han visto diversos tipos de robots trepadores:

- **Diseños con ruedas:** Estos han sido capaces de trepar pendientes de hasta 50° o descender de hasta 75° , ninguno ha sido capaz de trepar pendientes de 90° o más.
- **Diseños de rapel:** En ésta categoría existen diversos tipos de locomoción (ruedas o mecanismos tipo serpiente) pero todos se basan en que están guiados para seguir el desplazamiento sobre una cuerda extendida a lo largo de la superficie que se quiere ascender/descender.

- **Diseños para terrenos artificiales:** Los robots elaborados para éstas situaciones aprovechan las propiedades del terreno artificial (cornisas o barandillas) para realizar un grasping sencillo. Aunque sea efectivo en su tarea no se puede extrapolar directamente a terrenos irregulares o naturales.
- **Diseños para tuberías:** Éstos usan un grasping enfocado a la geometría de la tubería o un medio cilíndrico para treparlo.

En desarrollos pasados, el control del robot se ha basado en mantener el equilibrio, la posición del contacto con la superficie, la fuerza en el contacto y la capacidad de deslizarse o no sobre la superficie. Éstos campos están estrechamente relacionados y se han abordado con técnicas basadas en *formulación del espacio operacional*. Éstas técnicas se pueden ampliar en diversas direcciones en un futuro, por ejemplo, controlando el punto de contacto con la superficie con su geometría y características de curvatura, en contraposición a tomarlo como un punto singular, que es como se hace ahora.

2.3. Desafíos técnicos

Los robots trepadores se enfrentan a una serie de desafíos técnicos para poder moverse de forma estable y precisa sobre superficies verticales o inclinadas. Algunos de los principales desafíos son:

- **Adherencia:** Los robots trepadores deben contar con mecanismos de aferramiento que les permitan adherirse a diferentes tipos de superficies, desde paredes lisas hasta techos rugosos. Esto puede conseguirse mediante el uso de garras, ventosas o patas articuladas con ganchos de aferramiento.
- **Equilibrio:** Deben mantener un buen equilibrio para no caerse mientras se desplazan sobre superficies inclinadas o verticales. Esto se puede conseguir mediante el uso de sistemas de estabilización y control de movimiento.
- **Movilidad:** Deben contar con una buena movilidad para poder moverse de forma precisa y controlada sobre superficies irregulares y con obstáculos. Esto puede conseguirse mediante el uso de patas articuladas o mecanismos de desplazamiento por ruedas o cadenas.

- **Energía:** Deben de contar con una fuente de energía que les permita funcionar durante períodos prolongados de tiempo. Esto puede conseguirse mediante el uso de baterías recargables o sistemas de energía solar.
- **Robustez:** Deben ser robustos para poder soportar el desgaste y los golpes que se producen durante su funcionamiento. Esto requiere la utilización de materiales resistentes y la implementación de sistemas de protección y refuerzo.
- **Peso y tamaño:** Deben tener un tamaño y un peso adecuado para poder moverse con facilidad sobre las superficies a las que están destinados. Si son demasiado grandes o pesados, pueden tener problemas de estabilidad o de adherencia.
- **Coste:** Suelen ser dispositivos costosos debido a la complejidad de su diseño y a la utilización de materiales y componentes de alta calidad. Esto puede limitar su uso en algunas aplicaciones.
- **Seguridad:** Los robots trepadores deben cumplir con estándares de seguridad para evitar accidentes o daños a las personas o a las estructuras sobre las que se desplazan. Esto puede requerir la implementación de sistemas de protección y de medidas de seguridad adicionales.

3. Diseño y desarrollo

Hasta éste punto el desarrollo de robots trepadores ha explorado distintas ramas y distintos tipos de movilidad, los podemos dividir en las siguientes clases:

3.1. Robots Con Extremidades

Éstos robots hacen uso de extremidades para mantener el contacto con la superficie a trepar y poder avanzar. Son los robots más parecidos a lo que podemos ver en la naturaleza. Para mantenerse en contacto con la superficie pueden usar tanto ventosas como garras.

En el control es clave mantener la posición del centro de gravedad y los puntos de contacto con la superficie, así como las fuerzas en los puntos de contacto.



Figura 1: Simulación de un robot con extremidades trepando por una pared natural.

3.2. Robots Paralelos

Ésta configuración de los robots les permite desplazarse a lo largo de elementos cilíndricos, desplazando una de sus partes respecto a la otra que estará fija.

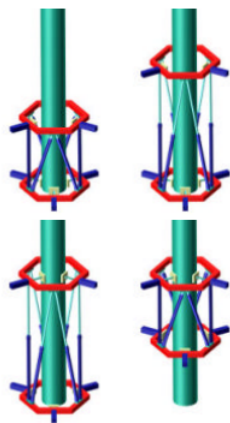


Figura 2: Funcionamiento del robot tubular paralelo desarrollado en la Universidad Miguel Hernández.

El control en el caso del ejemplar construido por la Universidad de Miguel Hernández es un reto ya que usan actuadores neumáticos y aparece una no linealidad debida a la compresión del aire, dificultad que solucionaron elaborando una plataforma experimental y haciendo un estudio exhaustivo del funcionamiento.

3.3. Robots Con Propulsores

En ésta clasificación encontramos robots que en vez de usar la fuerza de un agarre para adherirse a la superficie que intentan trepar, usan un propulsor que les da la fuerza necesaria para mantenerse en contacto con la pared y no deslizar. Éstos pueden hacer uso de los propulsores para volar o no, pero siempre para mantenerse en contacto con la pared.



Figura 3: Robot trepador con propulsor en contacto con la pared.

Al diseñar éstos robots se presentan muchos más retos que en los diseños anteriores, entre ellos:

- **Torque:** al usar propulsores que generan la fuerza girando a grandes velocidades. Ésto genera un torque contrario que es necesario eliminar para mantener el robot estable. Se puede eliminar usando otros propulsores en dirección contraria al torque.
- **Transición:** dependiendo de si el robot tiene la habilidad de volar o no, el momento en el que pasamos de un movimiento en tierra o en aire al momento en el que comenzamos la adherencia con la pared requiere de gran precisión o recursos para minimizar colisiones o desestabilización.

- **Peso:** es muy importante el balance entre la fuerza de empuje de los rotores y el peso del robot. Además estos robots cuentan con otros sistemas de movilidad y control, lo que hace importante la optimización del peso y las capacidades de los motores.
- **Seguridad:** en cuando a ejecución de la tarea es necesario tener en cuenta la localización donde se desempeña ya que poniendo un robot grande que tenga que cargar un peso considerable en un área transitada por civiles puede requerir del desarrollo de protectores para los propulsores para evitar contactos indeseados, lo que añadiría peso y requeriría replantearse los apartados explicados anteriormente.
- **Coefficiente de rozamiento:** hay tener en cuenta el material sobre el que se va a trepar y el peso que debe cargar el robot, ya que el robot solo podrá trepar si su peso es menor al producto de la fuerza de sus propulsores por el coeficiente de rozamiento. Además topografías irregulares pueden afectar éstos cálculos.

4. Resultados

Aquí se muestran los enlaces a unas grabaciones de los robots de los que se han hablado.

- Robot trepador con propulsores: *VertiGo*.

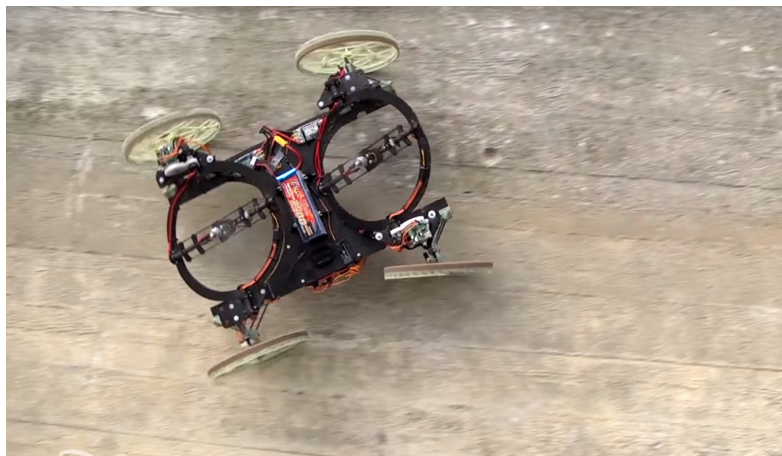


Figura 4: VertiGo

- Robot trepador desarrollado por la NASA para exploración: *Lemur-3*.



Figura 5: Lemur-3

- Robot TREPA escalador de palmeras desarrollado en la UMH juntos a otros



Figura 6: TREPA

5. Conclusiones y trabajo futuro

En conclusión, los robots trepadores son dispositivos mecánicos que han evolucionado a lo largo de la historia para realizar tareas difíciles o peligrosas para los humanos. Estos robots se han desarrollado para moverse de forma estable y precisa sobre superficies verticales o inclinadas y pueden utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde la exploración de espacios confinados hasta la inspección de edificios y estructuras industriales.

Aunque los robots trepadores presentan una serie de desafíos técnicos y logísticos, su uso puede tener importantes beneficios en diferentes campos, como la seguridad industrial, la conservación del medio ambiente o la investigación científica. En la actualidad, se está investigando la utilización de robots trepadores en una amplia variedad de aplicaciones y se espera que su uso siga creciendo en el futuro.

6. Bibliografía

- Aracil, R., Saltarén, R. J., Sabater, J. M., & Reinoso, O. (2006). Robots paralelos: Máquinas con un pasado para una robótica del futuro. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*, 3(1), 16-28
- Roo, M. A. S. (2010). Espacio de trabajo y singularidades en robots paralelos: desarrollo, análisis y aplicación al robot trepa (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid)
- Mini, B. S. (2008). Boston dynamics. Retrieve from <http://bostondynamics.com>.
- S K Mahmood et al (2021) IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1094 012106. Propeller-type Wall-Climbing Robots: A Review.
- Peidró, A., Reinoso, O., Payá, L., Berenguer, Y., Gil, A., & Marín, J. M. (2015). Análisis cinemático y simulación de un robot trepador con arquitectura serie-paralela. *Actas de las XXXVI Jornadas de Automática*, 400-407
- Aracil, R., Saltaren, R. J., & Reinoso, O. (2006). A climbing parallel robot: a robot to climb along tubular and metallic structures. *IEEE Robotics Automation Magazine*, 13(1), 16-22.